

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-145802

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 9/07

H 0 4 N 9/07

A

G 0 3 B 19/02

G 0 3 B 19/02

H 0 1 L 27/14

H 0 4 N 5/335

V

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/14

D

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平9-299981
(22) 出願日 平成9年(1997)10月31日
(31) 優先権主張番号 08/743, 653
(32) 優先日 1996年11月4日
(33) 優先権主張国 米国 (US)

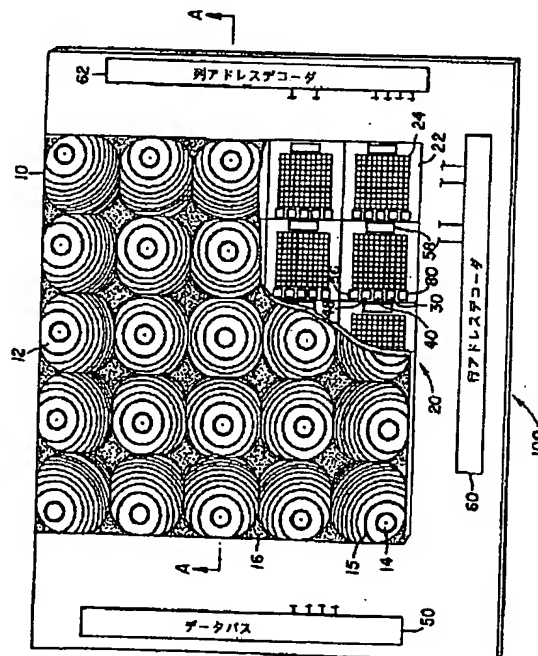
(71) 出願人 590000846
イーストマン コダック カンパニー
アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ
チェスター, ステイト ストリート343
(72) 発明者 マーク マーシャル メイヤーズ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ハムリ
ン カントリーサイド ドライブ 35
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 視野をセグメントに分割する小型デジタルカメラ

(57) 【要約】

【課題】 デジタルカメラを小型化できるレンズレット
アレイを提供する。

【解決手段】 小型デジタルカメラが複数のレンズレ
ット12からなるレンズレットアレイ10を用いて作られ
ており、各レンズレット12の軸方向の光が全視野の相
異なるセグメントにあたるように、各レンズレット12
はレンズレットアレイ10中のその放射方向位置に対応
して偏心している。光検出器の複数のサブグループ22
からなるホトセンサアレイ20は、各サブグループ22
がそれぞれのレンズレット12の軸方向の光に沿って位
置決めされるように配置されている。少なくともひとつ
のアパーチャプレートからなる視野制限パツフルは、
その開口の中心がそれぞれのレンズレット12の軸方
向の光に沿って位置決めされるように配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 小型デジタルカメラであって、各レンズレットの軸方向の光で全視野の相異なるセグメントを見れるように、各レンズレットがレンズレットアレイの中でその中心から放射方向位置に対応して偏心している、複数のレンズレットからなるレンズレットアレイと、

光検出器の複数のサブグループからなり、光検出器の各サブグループがそれぞれのレンズレットの軸方向の光に沿って配置されているホトセンサアレイと、少なくともひとつのアパーチャプレートからなり、この開口の中心が、それぞれのレンズレットの軸方向の光に沿うように配置されている、視野制限バッフルとを具備する小型デジタルカメラ。

【請求項2】 小型デジタルカメラであって、複数のレンズレットからなり、各レンズレットの軸方向の光で全視野の相異なるセグメントを見れるように、各レンズレットがレンズレットアレイの中のその中心から放射方向位置に対応して偏心しているレンズレットアレイと、

光検出器の複数のサブグループからなり、光検出器の各サブグループが赤、緑、青に感光する光検出器のセットからなっており、光検出器の各サブグループがそれぞれのレンズレットの軸方向の光に沿って配置されているカラーホトセンサアレイと、

少なくともひとつのアパーチャプレートからなり、この開口の中心がそれぞれのレンズレットの軸方向の光に沿うように配置されている視野制限バッフルとを含む小型デジタルカメラ。

【請求項3】 小型イメージ取込装置であって、イメージからサブグループの各ラジエーションセンサ(radiation sensor)上へ入射光線の関数である出力信号を提供するラジエーションセンサの離間されたサブグループのアレイと、

提供された出力信号を増幅し、デジタル化して反転し、更に記憶して、イメージ取込を容易にするように、ラジエーションセンサの離間されたサブグループの間にある隙間に配置されて、提供された出力信号を受信するアレイ電子装置(array electronics)と、

前記ラジエーションセンサに取込まれることになるイメージの光線を集光するように配置されるレンズアレイと、を含む小型イメージ取込装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般にデジタルカメラの分野に関し、より詳細には、離間されている光検出器サブグループの間の未使用空間に挿入される関連電子装置と共に、レンズレットアレイを有する改良型イメージセンサであり、これまで使用されてきたものよりもレンズレット数が減少して、レンズレット当たりの光検

出器数が多い改良型イメージセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】 レンズレットアレイは、写真レンズにより光検出面上に結像した光を、更に小さな領域に集光して入射光をできるだけ多く光検出器アレイの感光領域に入れてピクセル間の不感光領域へ入る光を少なくするために使用されている。このことについては、光学ハンドブック第1巻、基礎、技術、設計、第2版、第22章32-34頁、ティモシー・J・トレッドウェル(Timothy J. Tredwell)の論文「可視光アレイ検出器(Visible Array Detectors)」などで取り上げられている。これらのレンズレットアレイは、対応するホトセンサのすぐ上に中心があり、視野中の異なる部分を別々に見れるようには設計されていない。むしろ、現存イメージからの光で、写真レンズにより形成された光をピクセルの開口に集めている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 米国特許明細書第4,994,664号、ヴェルカム(Veldkamp)による「レンズレットおよびマルチプレクサを用いる光学的結合焦平面アレイ」では、ホトセンササイト間の領域で増幅回路の位置決めができるように、入射光をホトセンサアレイ上に集光するために回折レンズレットアレイを使用している。これらのレンズレットは、感光サイト上に中心をおいて、シリコン基板上のホトセンサアレイの反対側に作られている。また、シリコン基板を使用しているが、シリコンは可視波長光線を透過しないので、ホトセンサ上に可視光線を結像しない。この発明は、要素が全て回折性の光学機械から成り、かなりの色収差を受けるため、可視波長範囲の光線では機能することができない。

【0004】 米国特許明細書第5,233,174号、ズメック(Zmek)による「ナルコレクタ(hull corrector)としてレンズレットを有する波面センサ」では、偏心(decenters)している回折レンズレットアレイを呈示している。この偏心は、干渉試験またはハートマン式テストにおける検査中のレンズからの単色性波面が局所的に傾かないように調整されている。ハートマンテストは、種々の光学レンズの表面の質を認定するために使用される。テストしているレンズが受入れ基準の範囲内にある場合、センサアレイに入射する波面は、所定のピクセル上に中心を合わせた光点を形成する。この波面が所望の波面以外のものであれば、光点は異なったピクセル素子に入る。中心に置かれたレンズレットが、より広い視野の角変位した部分に合わせてあるわけではないため、この発明は本発明には応用できない。またこの発明は、回折レンズレットの色収差により白色光線での用途に対しても適用できない。

【0005】 米国特許明細書第5,340,978号、ロストカー(Rostoker)らによる「LCDディスプレイパネルおよび感光素子アレイを備えたイメージ検出ディス

ブレイ」では、視野のセグメントイメージを形成する偏心レンズのアレイを簡潔に開示している。これらのレンズは大きく離間されており、ピクセル群が見る視野を限定する方法は含んでいない。また、大きく離間されたピクセルを使用することで、センサのコストをかなり増大させることになってしまう。というのも、所定の大きさの基板またはウェーハ上に作られるセンサアレイが少なくなってしまう、所定の製造工程で仕上がるセンサアレイの歩留まりを減らしてしまうからである。レンズアレイの焦点距離と、ピクセルの視野の角サブテンス間に、トレードオフ議論は何ら存在しない。レンズレットの焦点距離があまりに短い場合、或るピクセル群に入射する或る角位置からの光は、隣のピクセル群の視野の中にも入る。極めて短い焦点距離でも同等の角分解能を得るために必要とされるピクセルの大きさは小さすぎて、リソグラフィ工程で造ることはできない。ピクセルの大きさがかなり小さくなっている場合、ピクセルの集光領域は小さすぎて、所定の入射強度について、確実に測定できるだけの数の電子を生成できない。ロストカーは、色消し用に回折/屈折ハイブリッドレンズ系を使用することを考えにいれておらず、この特許では均一に成形されたレンズレットアレイを使用している。だが一方本発明では、レンズレットアレイ中でそれらの中心からの放射位置の関数としてレンズレット表面プロファイルを変えるユーティリティによって、所定位置を問わず、更に高いレベルの収差補正が可能になっている。本発明では、レンズは互いに境を接しており、不透明バッフルは各ピクセルの視野を限定するために光検出器の上に置かれている。参照した特許では、3色のカラーピクセル群ごとに、ひとつのレンズレットを使用している。本発明では、各レンズレットの焦点距離が適切に調節されている(大きくなっている)場合、各レンズレットごとに、小さなピクセルアレイを形成することが有利であることを示している。

【0006】フォッサム(Fossum)らによる米国特許明細書第5,471,515号「ピクセル内電荷移行を伴うアクティブピクセルセンサ(Active Pixel Sensor with Intra-Pixel charge Transfer)」において開示されている発明では、電荷をアクティブピクセルのユニットセル内に配置されているセンスノード(典型的にはコンデンサ)へ移行させることによって、半導体ホトセンサのホトゲート下に蓄えられている光生成された電荷を電圧へ変換している。フォッサムは更に、信号雑音を低減して、暗電流の効果をホトセンサから除去するために、電圧基準信号のデュアルサンプル相関2回サンプリング法(dual sample correlated double sampling)を利用している。イメージ露光に因る電圧は、ホトセンサの行または列の端部に位置決めされた電圧差動増幅器により、試料が暗いうちに読み取った電圧から減算される。適切な行列選択データラインを使用することによって、イメー

ジアレイ全体を読み出さずに、アレイのサブセクション(subsection)を読み出すことができる。しかしながら、本願では、アクティブピクセル上に集光するためのレンズアレイの使用を開示しているが、フォッサムの発明では、ホトセンサ(CCD検出器素子)の感度全体を増大させることはできないし、視野の異なるセグメントイメージを形成するためにアレイ光学系型構造を利用することも考慮していない。フォッサムは、電圧増幅モードで、ほとんどの信号処理を行っているが、本発明では、カレントモード信号処理の利点を利用している。更に本発明は、個々のホトセンササイトで、デジタル化とデジタルイメージデータの記憶を行う。

【0007】ヨシモトラによる米国特許明細書第5,004,901号「光学データ媒体駆動装置およびサーボ回路内で使用するためのカレントミラー増幅器(Current Mirror Amplifier for use in an Optical Data Medium Driving Apparatus and Servo Circuit)」では、光学ディスクトラッキングおよびリードセンサからの光生成電流は、一連の切り換え可能なカレントミラーによって一定のステップに増幅されるが、ここで、カレントミラーは、ベースが並列に接続されている増倍出力トランジスタのどちらかひとつを組み込んでいる出力ステージを使用することにより、或いは入力側トランジスタのエミッタ領域の整数倍のエミッタ領域を有する出力トランジスタを使用することにより電流増倍を行っている。ヨシモトの発明の目的は、調整可能な比率で、入力電流を乗算することによって、大きなダイナミックレンジで、受け取った光電流を利用できるようにすることである。尚ここで、増倍電流比率は、差動増幅器の切り換え可能なネットワークを介して選択している。ヨシモトの発明は、アレイイメージセンサの分野に関係していない。その上、差動増幅器の切り換え可能なアレイを使用しなければならぬ。ヨシモトの発明は、ホトセンサからの電流を積分しておらず、光学ディスクヘッドから放出されたレーザ光からの光を受け取ることによって、電流を連続的に生成している。センサは、本発明におけるように、イメージ露光されないが、連続光学ディスクポジション監視モードで使用される。ヨシモトは、本発明に開示されているようなノイズリダクションのためのデュアルスロープ相関2回サンプリング法(dual slope correlated double sampling)を利用していない。ヨシモトは、センサアレイにおける放射方向の位置の関数として視野が変わるアレイ光学系の使用についても何ら言及をしていない。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題をひとつ若しくはそれ以上解決することを意図している。簡潔にまとめると、本発明のひとつの側面によれば、複数のレンズレットからなるレンズレットアレイであって、各レンズレットの軸方向の光が全視野の異なるセグ

メントに当たるように、レンズレットアレイ内のその中心からの放射方向位置に対応する偏心を各レンズレットが行っているレンズレットアレイと、光検出器の複数のサブグループからなるホトセンサアレイであって、各サブグループが銘々のレンズレットの軸方向の光に沿って配置されているホトセンサアレイと、少なくともひとつのアーチャプレートから成る視野制限バッフルであって、開口の中心がそれぞれのレンズレットの軸方向の光に沿って位置するように配置される、視野制限バッフルとを具備する小型デジタルカメラが提供される。

【0009】本発明は以下に挙げる利点を有する。つまり、光検出器アレイのすぐ近くにレンズレットアレイを有する極小型デジタルカメラを造る際、サブイメージの寸法が大きくなることにより全イメージを構築するためにレンズレットの数を減らさねばなくなるが、信号処理電子装置用に光検出器のサブグループ間の隙間を利用することでデジタルカメラを単一の基板上に形成できるようになっており、更に、光検出器のサブグループの使用により高分解能センサを統合できるわけである。

【0010】

【発明の実施の形態】図1、2を参照する。レンズレットアレイ10は、色消した屈折/回折レンズレット12または屈折レンズレットのアレイを備えて形成されており、更にこれらのレンズレットは、形成された光検出器24のサブグループ22越しに、感光性アレイ(photo sensitive array)20(図3の断面図において更に詳細に図示してある)に中心を合わせてある。図1より、各レンズレット12の機械的光軸14の中心が、中央レンズレットの光軸からその放射方向の距離の関数として、一定のセンサ間距離に対して変位しているということがわかる。各レンズレット12の機械的光軸14の周りに現れているライン15は、レンズレット表面の高さの変化を示す局所形状表示線(topographical lines)である。レンズレット12間の領域には、レンズレットを迂回する光が、感光性アレイ20に達しないように、不透明マスク16が充填してある。図1に示されているレンズレットアレイ10は、実際にカメラの中で使用されるアレイのほんの小さな部分しか表していない。実際は、およそ150×100のレンズレットがレンズレットアレイ10を形成するために使用されており、各レンズレットアレイは、10×10の光検出器素子24を備えて形成されている光検出器22の関連サブグループを有する。

【0011】レンズレットアレイ10が相異なる視野を観れるように、レンズレットアレイ10内のレンズレット12の光軸14は、ホトセンサアレイ20中の光検出器22のサブグループの中心間距離よりも、段々と距離が大きくなる所に配置される。レンズレット光軸14の変位は、レンズレットアレイ10の中心から放射方向に大きくなる。レンズレットの光軸を中心から外せば、軸

のずれた視野角からレンズレットの視野の中心へ光を曲げることになる。レンズレットアレイ10の中心からの距離が大きくなると共に、更に放射方向外側にレンズレットの光軸を移動することによって、所定のレンズレット/光検出器のサブグループの視野の中心にある被写体の角位置は、全視野の段々と軸から外れてゆくセグメントを基点とすることになる(図3に更に詳細に示してある)。

【0012】例えば、光線を、所望の視野角から光検出器22のレンズレット関連サブグループ中心へ偏向させるために必要な焦点距離 FL_i のレンズレットに必要な偏心は、近軸光線追跡方程式から決定できる。この近軸方程式は、

【数1】

$$y' = y_0 + nu(t/n)$$

$$n'u' = n_0u_0 - y\phi$$

である。なお、式中、 y' は次の面へ伝播した後の高さ、 y_0 は前の面における高さ、 u は近軸傾斜角(ラジアン)、 u_0 は屈折前の傾斜角、 ϕ はレンズレットの倍率($\phi=1/f$)、 n はレンズレット媒体の屈折率である。

【0013】従って、中心光線を、所定の入射角 u_0 から所望の角度 u' へ曲げるのに必要な倍率 ϕ ($\phi=1/f$)を有する所定のレンズレットの変位 d は、屈折後次式で与えられる。

【0014】

【数2】

$$d = y = (n_0u_0 - n'u')/f$$

ただし、ここで、 f は、レンズレットの焦点距離である。

【0015】本発明では、レンズレットのアレイを利用しており、ここでは、各レンズレットの光軸の局所的変位 d は、レンズレットアレイの中央に配置されているレンズレットの光軸に対してその放射方向位置 r の関数として変化して、1次式で

【数3】

$$d(r) = (n_0u_0(r) - n'u'(r))/f$$

となる。

【0016】本発明は、所定のレンズレットの視野の範囲内の中心光線について $u'(r)=0$ となるように、レンズレットの偏心を調節する工程を含む(図3参照)。この場合、所定のレンズレットについて必要な偏心は、中央レンズレットの光軸からのレンズレットの放射方向距離の一次関数となる。

【0017】光検出器22の個々のサブグループは、支持基板100上またはこの中にあるオープンスペースに配置した関連アレイ状電子装置(electronics)を備えていてもよい。またアレイ状電子装置は、マルチプレクサおよびクロック回路80と、カレントミラー30と、相

関2回サンプリング回路(correlated double sampling circuit)40と、A/D変換器56と、サブイメージピクセルインバータ48と、不揮発性メモリセル58とを含んでいてもよい。光検出器22の各サブグループは、行アドレスデコーダ60と列アドレスデコーダ62とからの信号に応じて、データバス50に接続される。図2は、感色性アレイ(color sensitive array)について、緑、青、赤光検出器素子24の好適な配置を示している。

【0018】図3の断面図を参照すると、レンズレットアレイ10は、ホトセンサアレイ20の上に配置されており、このホトセンサアレイ20は、少なくとも、レンズレットアレイ10を形成するレンズレット12の数に対応する多数の光検出器22サブグループを有しているCCDアレイであってもよい。3色環境の場合、光検出器22の各サブグループ内の光検出器素子24の1/3までは、所定のカラー(赤、または緑、青)フィルターを備える。レンズレットアレイ10は、スペーサ70によって、光検出器素子24の表面から離間した距離を維持しており、また、これらのスペーサは、バッフルの役目を果たすものであってもよい。視野絞りアパーチャプレート72と組み合わせたレンズレットアレイ10上の不透明マスク16は、光検出器22のどの特定サブグループについてもその視野を制限して、特定サブグループの視野が隣の視野と大きく重ならないようにしている。視野絞りアパーチャプレート72は、レンズレットアレイ10の表面からおよそ0.5mmから3mmの所に配置される。視野絞りアパーチャプレート72は、この片面に不透明マスクパターンを形成した透明ガラスの層であってもよい。

【0019】アパーチャプレート72内の開口の中心は、対応するレンズレットの視野の中心に調整される。これらの中心の間隔は、各レンズレットの放射方向位置の関数としてレンズレットアレイの中心から放射方向に増大し、このため、アパーチャプレートは関連レンズアレイよりも僅かに大きくなっている。アパーチャプレート72を備える不透明マスク16と、所定レンズレットの焦点距離との組み合わせにより、光検出器22のサブグループの視野が決まる。レンズレットアレイ10は、エッチングした石英、または射出成形したプラスチック、ガラス基板上のエポキシレプリカなどから形成できる。

【0020】適切な視野絞りアパーチャプレート72と組み合わせたレンズレット12は、光検出器22の各サブグループ上に、小視野セグメントイメージを形成している。その機械的光軸14の偏心がCCDアレイを通して放射方向に増大しているレンズレット12を形成することによって、軸方向の光(光検出器のそれぞれのサブグループに入射する)がホトセンサアレイ20に直角な面をつくる角度は、ホトセンサアレイ20の中心に対

して、光検出器22のサブグループの放射方向位置の関数として増大する。従って、光検出器のサブグループに関わる各レンズレットの偏心を適切に調整すれば、光検出器のサブグループは、異なる光景のセグメントを見られるようになる。光検出器の各サブグループからのサブイメージは、デジタル式に反転されて、他のサブイメージとつなぎ合わされて、図10で説明するように、複合イメージを形成する。従って、本発明を組み込めば、カメラシステムをかなり小さくかつ平板状にすることができる。光検出器のサブグループ内の適切な数の光検出器素子上に、カラーフィルターを用いれば、カメラは黒白でもカラーでも機能できる。

【0021】また、屈折非球面レンズアレイも、ホトセンサアレイ上にイメージを形成するために使用できる。しかしながら、前記実施形態は、波長の関数としての焦点距離の変化については補正していない。というのも、レンズ素子が屈折力を有する単一物質から形成されるわけではなく、従って、入射光線のスポットサイズが、カラー関数(function of color)として変化するからである。改良型光学設計(optical design)では回折/屈折ハイブリッドレンズを含んでいるが、これは単一の物質内の色収差を補正するために使用される。

【0022】回折光学系の結像特性は、かなり強く波長に依存している。回折光学系をモデル化する際、この現象は、等価な屈折率の波長への直接依存性として表すことができる。即ち、

【数4】

$$n(\lambda) = [\lambda_c/\lambda](n_c-1)-1$$

と表せる。

【0023】回折性素子(diffractive elements)により、極薄膜層内で屈折する全ての波面がつくられている。このことは、各面で極率が極めて小さく(weak surfaces)、屈折率の極めて高い物質($n_c=10,000$)として、回折面をモデル化するスウェット(Sweet)モデルで説明されている。対応する焦点距離は次式により決定できる。

【0024】

【数5】

$$f(\lambda) = [n(\lambda)-1]\Delta c$$

従って、

【数6】

$$f(\lambda) = (\lambda_c/\lambda)f_c$$

となる。ただし、 λ_c は、設計上の中心波長である。

【0025】なお、スウェットモデルは、W・C・スウェット(W. C. Sweet)による、「ホログラフィー用厚肉光学素子の設計と構成(Designing and Constructing Thick Holographic Optical Elements)」、応用光学第17巻第8号、1978年4月15日第1220~1227頁で発表されている。

【0026】この結果得られる回折性素子の分散 ν_{diff} は次式のとおりである。

【0027】

【数7】

$$\nu_{diff} = \frac{n(\lambda_c) - 1}{n(\lambda_s) - n(\lambda_L)}$$

更に、これは次のように近似できる。

【0028】

【数8】

$$n_{diff} = \frac{l_c}{l_s - l_L}$$

なお設計に際しては以下を用いている。

【0029】 $\lambda_c = 587 \text{ nm}$

$\lambda_s = 486 \text{ nm}$ $\nu_d = -3.5$

$\lambda_L = 656 \text{ nm}$

対象となる他の波長帯域について、適切な ν_{diff} および素子倍率分布(element power distribution)を計算できる。等価屈折率の波長への直接依存性は、一次($m=1$)回折光学素子で、小さくなり、 ν_{diff} は負となり、波長分散は高いレベルに達する。

【0030】波長と共に屈折率が変化するため、単一素子レンズの焦点距離は波長と共に変化する。分散の異なる2種の物質を、ダブルレットレンズ(doublet lens)製作のために使用することができる。このダブルレットレンズは、2種類の波長に対して同じ焦点距離をもち、且つ、スペクトル全体に亘る変化を低減する。このレンズを得るために必要なフォーカルパワー(focal power)の相対分布は、以下のとおりである。

【0031】

【数9】

$$\phi_{ref} = \frac{\nu_{ref} * \phi_{total}}{\nu_{ref} - \nu_{diff}}$$

$$\phi_{diff} = \frac{\nu_{diff} * \phi_{total}}{\nu_{diff} - \nu_{ref}}$$

$$f_{ref} = 3.18 \text{ mm}$$

$$f_{diff} = 52.2 \text{ mm}$$

回折面の ν_{diff} が負になることによって、正焦点距離の回折および屈折成分を利用している単一素子ハイブリッド屈折/回折レンズの色消しを可能にしている。またこれによって、ダブルレットコンポーネントレンズ(doublet component lenses)に必要な焦点距離およびFナンバー($F/\#$)は減少する。何故なら、屈折力のあるダブルレットレンズ(refractive doublet)は、等価焦点距離を有するシングレットレンズ(singlet)に必要とされるものよりも焦点距離が短くFナンバーが小さい正クラウン(分散が小さい)レンズと、ダブルレットレンズの焦点距離を正しい値にまで長くして、正レンズの分散を補正する負フリント素子(negative flint element)とからなるからである。また、この効果により、ハイブリッド屈折/回折素子の正素子の寸法および重さも低減する。

【0032】可視スペクトル(d-e-f線)における、PMMAプラスチックレンズを用いた従来の色消しについては、屈折および回折部におけるべき小数部は、以下のとおりである。

【0033】

【数10】

$$\phi_{ref} / \phi_{total} = 94.25\%$$

$$\phi_{diff} / \phi_{total} = 5.75\%$$

当業者にとっては、石英母型、ガラス基板上的のエポキシレプリカとして、または射出成形部品としてレンズレットアレイを製造できることは自明である。

【0034】回折/屈折ハイブリッド色消しを使用することにより、焦点距離が比較的長くFナンバーが比較的大きい回折面を使えるようになる。Fナンバーが大きいと、ゾーン間隔が大きくなるため、回折素子は製造しやすくなる。例えば、FL3.0mm、F2.0のレンズについての屈折および回折部の一次解析では、焦点距離とFナンバーは、以下のとおりになる。

【0035】

【数11】

$$F/\# = 2.12$$

$$F/\# = 34.8$$

なお、レンズレットの回折部が単に一次色補正に使用されたと仮定している。

【0036】回折レンズレット12が、軸上、16度、全視野の場合について、図4(A)、5(A)、6

(A)に図示してある。これらの図面を比較すると、機械的光軸14は、視野角の関数として放射方向で外側に移動し、更に局在光軸18が、ホトセンサレイ20面に対して直角に入っていることが分る。また、不透明マスク16は、所定ホトセンサの視野を制限するばかりでなく、システム用の開口絞りとしても機能している事がわかる。

【0037】図4(B)、4(C)、5(B)、5(C)、6(B)、6(C)は、それぞれのレンズレットについて、子午光線の収差曲線と球欠光線の収差曲線とを表している。実線は、波長546.1nmを、破線は、波長656.1nmを、一点鎖線は、波長460.0nmを表す。なおこれらは、緑、赤、青の波長の光を

0度視野レンズ

EFL 3.0mm

F2.0

表している。

【0038】イメージが所定数の光検出器素子上に形成される時、レンズレットの焦点距離は、光検出器サブグループ内の角度分解能が従来のデジタルカメラで得られている角度分解能に匹敵するものになるように、十分長くなければならない。これにより、3-10 μ m幅のピクセルに関しては、レンズレットの焦点距離の低い方の限界(bounds)は、2-5 μ m範囲内で安定する。

【0039】以下の表には、0度、16度、24度で軸方向の光が入射した3種類のレンズレットの光学設計パラメータが記載してある。他の中間視野角でのレンズレット表面プロファイルは、これらの視野角のプロファイル間の補間表面データ(interpolating surface data)により導出される。

【0040】

【表1】

表面番号	半径	厚さ	ガラス
被写体		無限遠	空気
1 開口絞り		2.0	BK7
2	- 1.639	3.0	空気
非球面係数	$k = 0.973$ $AD = 1.04 \times 10^{-1}$ $AE = -3.35 \times 10^{-2}$ $AF = 1.17 \times 10^{-1}$ $AG = -7.75 \times 10^{-2}$	回折係数 素子偏心 $DC = 0.0$	$DF3 = -8.2 \times 10^{-3}$ $DF5 = -8.4 \times 10^{-3}$ $DF10 = -8.3 \times 10^{-3}$ $DF14 = 1.4 \times 10^{-3}$ $DF21 = 4.5 \times 10^{-4}$ $DF27 = -2.3 \times 10^{-3}$
イメージ			空気

【表2】

16度視野レンズ

EFL 3.0mm

F2.0

表面番号	半径	厚さ	ガラス
被写体		無限遠	空気
1 開口絞り		2.0	BK7
2	- 1.602	3.0	空気
非球面係数	$k = -0.670$ $AD = -7.0 \times 10^{-4}$ $AE = 2.1 \times 10^{-3}$ $AF = -5.9 \times 10^{-3}$ $AG = 6.5 \times 10^{-4}$	回折係数 素子偏心	$DF3 = -4.8 \times 10^{-4}$ $DF5 = -4.7 \times 10^{-3}$ $DF10 = 1.4 \times 10^{-2}$ $DF14 = -3.6 \times 10^{-3}$ $DF21 = -5.2 \times 10^{-3}$ $DF27 = 6.2 \times 10^{-4}$ $DC = -0.513$
イメージ			空気

【表3】

24度視野レンズ

EFL 3.0mm

F2.0

表面番号	半径	厚さ	ガラス
被写体		無限遠	大気
1 開口絞り		2.0	BK7
2	- 1.509	3.0	大気
非球面係数	$k = -0.570$ $AE = -4.8 \times 10^{-3}$ $AF = 9.5 \times 10^{-3}$ $AG = -1.2 \times 10^{-3}$ $AH = 1.4 \times 10^{-4}$	回折係数 素子偏心	$DF3 = 7.8 \times 10^{-4}$ $DF5 = 5.2 \times 10^{-3}$ $DF10 = 1.0 \times 10^{-2}$ $DF14 = -6.3 \times 10^{-3}$ $DF21 = -2.9 \times 10^{-3}$ $DF27 = 7.3 \times 10^{-4}$ $DC = -0.872$
イメージ			大気

ここで、非球面プロファイル(aspheric surface profile)

e)は、次式

【数12】

$$z(r) = \frac{cvr^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)cv^2r^2}} + AD r^4$$

$$+ AE r^6 + AF r^8 + AG r^{10} + AH r^{12}$$

$$\phi(r) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (DF_3 x^2 + DF_5 y^2 + DF_{10} x^4 + DF_{14} y^4 + DF_{21} x^6 + DF_{27} y^6)$$

で定義される。なお、式中、 $\lambda_0 = 546.1 \text{ nm}$ である。

【0041】レンズレットアレイは低いFナンバー（F2.0）で機能するが、レンズ素子の間の間隔を最小にするように、従って、イメージセンサ全体の大きさを最小にするように、レンズレットの直径を最小にする（Fナンバーは増大）という利点がある。局所的信号処理電子装置を用いて更に高い光信号利得を獲得できるならば、同程度の光電流を生成するために、更に開口数の小さいレンズレットを使用することができる。これは増倍カレントミラー(multiplying current mirror)を利用することによって達成される。

【0042】所定のレンズレットから、光検出器アレイに入射する照度は、Fナンバーの自乗に比例する。従って、 x だけ感度が増大するならば、Fナンバーは、 $x^{1/2}$ だけ減少する。例えば、増倍カレントミラーがないアレイ光学系カメラが、 $F/\# = 4.0$ 、 $FL 3.0 \text{ mm}$ のレンズレットと共に使用されている場合、レンズレットの直径は、 $750 \mu\text{m}$ になる。従って、アレイ光学系カメラが、 780×640 ピクセルで形成されている場合、各サブアレイの中に 10×10 の光検出器素子アレイがあると仮定して、このアレイの長い方の寸法は 58.5 mm になる。これにはホトセンサアレイごとに大面積のシリコンが必要だが、その結果、部品コストを増大し、かつ、所定のウェーハ寸法からとれるホトセンサの歩留まりを低くしてしまうことになる。光検出器の各サブアレイで、16の増倍係数をもつカレントミラーを組み入れることにより、レンズレットの直径を $4x$ から $187 \mu\text{m}$ だけ減らすことができ、かつこのアレイの長さは 14.6 mm まで小さくなり、この結果、ホトセンサの歩留まりが向上して部品コストが削減される。また、光検出器の各サブグループ間の隙間を光検出用に利用していないため、デジタルカメラでは、利用可能な感光面の面積を少しも縮小せずにこの技術を利用することができる。またカメラの設計を最適化する際には、必要な支持回路用の専用空間をつくるために、光検出器サブグループ間の領域を最小にすることができる。

【0043】光検出器のサブグループの間の余分な領域を、アナログ回路、サブイメージピクセルインバータ、1から n の不揮発性メモリセルを組み込むために使用してもよい。メモリセルの数が多くなればなるほど、記憶

で定義され、回折相プロファイル(diffractive phase profile)は、次式

【数13】

できるイメージ数は増える。適切なメモリ（例えば、フラッシュメモリ）を使用すれば、カメラへの電力供給が切れている場合でも、イメージデータを記憶することができる。また、リフレッシュ回路も備えられることを考慮すると、感光部側(photosites)で、DRAMメモリを使用することができる。DRAMメモリは表面領域が狭くても組み立てることができる。表面領域をあまり使用せずに済めば、光検出器のサブグループ間の距離を小さくすることができ、或いはイメージデータを記憶する領域を更に大きくすることも可能である。

【0044】図7を参照する。光検出器素子24には、CCD素子および/またはホトダイオードを組み込んでよい。感光検出器64は、トランスファゲート65と、リセットゲート66とに接続されている。トランスファゲート65の出力は、マルチプレクサおよびクロック回路80を介して、カレントミラー30Aに接続されている。トランスファゲート65は、マルチプレクサおよびクロック回路80により所望の時間で増倍カレントミラー30Aへ（露光期間中、感光検出器64により蓄積される）電荷を移行できるようにしている。リセットゲート66は、閉じている時に、それ以前に行った露光の際の感光素子の蓄積電荷を移すことができる。リセットゲート66が開いていて、カメラの機械シャッターが閉まっている場合（若しくは、不透明のマスクをかけた光検出器から生ずる電流が使用されている場合）、感光検出器64からの出力は、暗さおよびノイズを無効とするように前の露光時間と同等な時間だけ積分される。この無効化処理は、相関2回サンプリング回路(CDS)40内で起こる。CDS回路40からの積分信号は、A/D変換器56によってデジタル化されて、この結果得られるデジタル信号値(digital value)は、サブイメージピクセルインバータ48により処理されて、次に不揮発性メモリ58(SRAMメモリでもよい)中に記憶される。デジタル信号値は、行および列アドレスデコーダ60、62をそれぞれ介してユニットサブアレイにアクセスすることにより、主データバス50へ出力できる。イメージデータは、各回の取込後に、サイトで記憶してからダウンロードするか、あるいは、記憶またはダウンロードできる。この後、ホトセンサアレイ20は、次のイメージを露光する準備ができる。光検出器22のサブグループ内の各光検出素子24は、それぞれに割り当て

られている、マルチプレクサおよびクロック回路80の入力に接続される。更に、動作中には、各光検出素子からの出力は、カレントミラー30Aに直列に接続される(1度に1回)。

【0045】周知のように、カレントミラー30Aの出力は、光検出器素子24により生成される電流の増倍電流である。電流増倍効果は、トランジスタ32₁から32_nのベースまたはゲートを互いに並列に接続することによるか、或いは、入力側トランジスタ34のエミッタ領域の整数倍だけ大きなエミッタ(またはソース)領域を形成することによるかのどちらかによってこれまで得られている。この種類のカレントミラーは、カレントミラー中の全てのトランジスタについて、エミッタ・ベース電圧(またはゲート・ソース電圧)が同じであるため、各コレクタ(ドレイン)電流が同じになり、従って、出力側T₀からの電流の和が、出力側にあるトランジスタの数か、またはその領域の比のどちらかの倍数であるという原理に基づいて動作している。この電流増倍は、数学的には、次のように表せる。

【0046】

【数14】

$$I_{out} = n * I_{in}$$

ここで、nは、カレントミラーの出力側「T₀」にあるトランジスタの数であるか、またはA_{out}/A_{in}、すなわちエミッタ領域の比である。

【0047】詳細に解析すると、出力電流は上式のように単純ではなく、より詳細には次式で表せるものである。

【0048】

【数15】

$$I_{out} = n * (I_{in} / (1 + \beta))$$

ここで、 β は、トランジスタ電流の利得(典型的には50から200)である。

【0049】カレントミラー30Aの他の実施形態では、トランジスタ36は、カレントミラーの入力側T_iへ付加されて、カレントミラーの出力側T₀のベース(またはゲート)を駆動して、それによってリーク電流の影響を低減させている。このことは公知であり、上式の非イデアリティ(non-ideality)を次式で近似している。

【0050】

【数16】

$$I_{out} = n * (I_{in} / (1 + \beta^2))$$

カレントミラー30Aの出力は、それぞれ利得+1と-1の2つの電流増幅器、すなわち増幅器42と44の間で切り換えられる。感光検出器64が入射光を受けると、その増幅電流は、所定時間だけ増幅器42の利得+1を経て積算増幅器46へ切り換えられる。この後、シャッターを閉じた後、電流を同じ時間だけ増幅器44の利得-1を介して積分する。この動作は、デュアルスロ

ープ(dualslope)、すなわち相関2回サンプリング法として知られており、暗電流やKTCノイズを除去している。また、それはデュアルサンプルCDSとは、以下の点で異なっている。つまり、デュアルタイムCDSが同じ増幅連鎖(amplification chain)を使用する場合は常に、信号がイメージデータを表しているかまたはバックグラウンドデータを表しているかに応じて、その信号は2つの異なる増幅器を介して切り換えられているという点である。また、相関2回サンプリング法では、ジョンソン雑音、フリッカ雑音、1/f雑音を低減している。同様の効果は、不透明マスクをかけた光検出器からの電流を、利得-1の増幅器44を介して積算することによっても得ることができる。アクティブ感光検出器64に隣接している不透明マスクをかけた光検出器を用いれば、相関2回サンプリング技術を平行して使うことができ、また、読出し時間を短縮できる。電流増幅器42、44の出力積算は同時に行われ、従って出力データを得るための2つの積算時間を待つ必要はなくなる。しかしながら、別々のホットセンサを使用しているため、暗電流や雑音の小さな違いは両者の間に現れてくる。

【0051】更に、ホットセンサからの積算信号は、A/D変換器(ADC)回路56によりデジタル化される。

【0052】サブイメージピクセルインバータ48による反転の後、ADCの出力は、メモリセル58に保存される。また、メモリセル群を光検出器22の各サブグループに割り当てることもできる。

【0053】光検出器の各サブアレイの所でのイメージは、他のサブアレイに対して反転しており、従って、サブアレイの所でイメージを反転する手段は、サブイメージピクセルインバータ48のような一実施形態の中に組み込まれる。この手段は、ひとつの光検出器から、サブアレイの中央で反射された被写体のミラーイメージとなるひとつの点にある光検出器に対応するメモリ位置へ、データをマッピングする工程を含む。また、外部回路若しくはデジタルイメージ処理の手段により反転されたサブアレイイメージを得ることも、本発明のひとつの実施形態である。

【0054】これにより、光検出器の各サブグループから得られたサブイメージを一緒につなぎ合わせて更に大きな複合イメージを形成することが可能となる。本発明では、各レンズレットにより形成されるサブイメージを反転させるためのリレーレンズレットアレイを追加する必要をなくすために、デジタルイメージ取込み(digital image capture)およびデジタルイメージ処理を利用している。またこれにより、レンズレットの視野にわたる照度の均一性を維持するために使用する第3の視野レンズアレイの必要も解消される。

【0055】保存したデジタルピクセルデータには、データバス50へデータを送るために行および列アドレスデコーダを通してメモリセル58をストロブすること

により、アクセスしている。行および列アドレスデータラインを組み込むことによって、ホトセンサアレイのサブセクションのアドレス指定をして、そのイメージ中で興味の対象となっている特定領域について、更に迅速にイメージを呼び出せるようにしている。このことは、ある光景をモニターして、また、移動中の被写体に関連する部分イメージを更新することに関するデジタルカメラにおいては有用である。

【0056】図8を参照する。カレントミラー30Aの代わりに用いられてもよいカレントミラー回路30Bは、出力トランジスタ T_0 のエミッタまたはソース（これらの領域は、入力トランジスタ T_1 のエミッタまたはソース領域の n 倍）を利用することにより、カレントミラー機能の第2変形態様(second variant)を提供する。これにより、更に広い領域を光検出器22のサブグループに順番に割り当てる回路をかなり小さく形成している。カレントミラー30Bは、丸で囲んでAで印を付けた接続点で、カレントミラー30Aの代わりに使用できる。

【0057】図9では、30Cと名称を付けたカレントミラーの別の変形態様が描いてある。このカレントミラーは、カレントミラー30Aまたは30Bのどちらの所でも、丸をつけたAで名称を付けられている点の所で、図8の関連マルチプレクサおよびクロック回路80に接続可能である。カレントミラー30Cは、カレントミラーの入力側に、出力側よりも高いエミッタ・ベース（またはゲート・ソース）電圧をバイアスすることによって、電流増倍を行っている。より詳細には、これは、R1およびR2の値を調整することにより行われることになる。またその代わりに、固定電圧のバイアスを提供するために、ダイオード接合を、カレントミラー30Cの入力側のエミッタまたはソースに代えることも可能である。

【0058】増倍カレントミラーへのバイポーラ導入に関して、この技術は、ebers-moll関係により図示することができ、これは次式で与えられる。

【0059】

【数17】

$$I_{tr} = I_s * e^{(v_{be}/kT - 1)}$$

なお、ここで、

【数18】

$$V_{be1} = V_{be0} + 0.060 \text{ V}$$

であることから、300kで、およそ10xの電流増倍が可能になっている。

【0060】動作中、アレイのサブセクションからのデータには、注目しているデータの位置を表すそれらのアドレスのみを使用することにより、アクセスすることが可能である。この形式では、それほど頻繁ではないがアクティブになり難い領域をサンプリングしながら、素早

い光景変化を取込んでいる領域を見るために、取り込んだイメージセグメントを更に迅速にクロックしてもよい。

【0061】ひとつ以上のイメージが光検出器22の各サブグループの所で記憶される場合、アドレスの長さは、マルチプルイメージデータワード(ピクセルイメージデータ)のそれぞれに個々にアクセスできるように増大する。

【0062】次に図10を参照する。被写体90（矢印）は、光検出器22のサブグループ上に結像する。各レンズレット12は、視野の中の異なるセグメントを見ている。その結果、矢印のセグメント1-3は、光検出器22のそれぞれのサブグループに影響を与える反転イメージ92Aを形成している。同様に、矢印90のセグメント3-5は、光検出器22のそれぞれのサブグループに影響を与える反転したイメージ92Bを形成している。同様のことは、反転イメージ92Cを形成するセグメント5-7についても当てはまる。この図では、イメージ92Aから92Cのイメージが矢印90の（左から右への）連続イメージを形成しているわけではないことが分る。より具体的には、点1が点5の隣になり、点3が光検出器22のサブグループの表面で、点7の隣になることがわかる。つまり矢印90のサブイメージが、単純に一緒に貼り合わせられるような場合、全体のモザイク（複合）イメージは煩雑になってしまい、使用できなくなる。

【0063】ピクセルイメージデータを適切な順序に配列するために、各サブグループ22内の光検出素子24のマトリクス(matrix)を形成している電荷は、まず最初にクロックされて、それらの各電流増倍回路、相関2回サンプリング回路を介して積算されて、ADCによりデジタル化される。イメージを表現しているピクセルからのデジタルデータは、光検出器22の各サブグループ内で、光検出器22の各サブグループの中心に対して位置的に反転される。従って、サブイメージピクセルインバート48は、点Aに配置されているピクセルからのピクセルデータを取得して、光検出器サブグループの中央ピクセルに対して反転されたピクセルデータを、メモリセル58に記憶するために必要とされている。例えば、ピクセルAが、Dに対応する位置にあるメモリ58内に記憶される。全体のモザイク複合イメージが、プリンタやCRTディスプレイなどの出力装置110によって、使用に供するために集められる。次に、第1イメージからの第2行がクロックされる。このプロセスはそのモザイクイメージがメモリ位置I内に記憶されている最新のピクセルで完成するまで続けられる。

【0064】要約すると、イメージピクセルデータ全体は、サブイメージをデジタル式につなぎ合わせてまとめて、複合イメージを形成することにより、光検出器のサブグループのアレイから作り出すことができる。これ

は、各サブイメージから行データを順番に取得して、それを、アレイ端部に達するまで、次のサブイメージの行データへ加えることによって行われる。次に、サブアレイライン端部に達するまで、次のサブイメージからの行データを加えることによりイメージデータの次の行を作り始めるために、アレイ上の最も遠い点の所で、行データの次の列のアドレスが使用される。尚この時点で、アドレスポインタは、次の列の始めに移動する。実施形態の一部では、ひとつのサブアレイから次のサブアレイへのイメージの部分的に重複することが有用となる場合がある。これには、サブアレイの行の中でどの位置が、その行からの第1ピクセルとして使用されるべきであるかを決定することができるアドレス解読技術が必要となる。

【0065】本発明を好適な実施態様を参照しながら説明してき、当業者ならば本発明の範囲から逸脱することなく変更および修正を行うことができることは認識できると思われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 レンズの概略およびレンズアレイ用バッフルの上面図と、ユニットピクセルサブアセンブリおよび関連メモリを各サイトで組み込んでいる光検出器アレイのブロック図とを表す図である。

【図2】 図1のアレイの部分拡大図である。

【図3】 図1のレンズアレイの線A-Aに沿って見た断面図である。

【図4】 (A)は中央部のレンズレットの断面を描いた図であり、(B)は関連子午光線収差曲線を描いた図であり、(C)は球欠光線収差曲線を描いた図である。

【図5】 (A)は16度の視野角のレンズレットの断面を描いた図であり、(B)は関連子午光線収差曲線を描いた図であり、(C)は球欠光線収差曲線を描いた図である。

【図6】 (A)は24度の視野角のレンズレットの断面を描いた図であり、(B)は関連子午光線収差曲線を描いた図であり、(C)は球欠光線収差曲線を描いた図である。

【図7】 共通回路に接続されて、カメラのような装置でイメージを取り込むために使用されている光検出器素子サブグループ1ユニットの概略図である。

【図8】 光検出器のサブグループを形成する光検出器素子ユニットを備えて使用できる共通回路の別の実施例の回路図である。

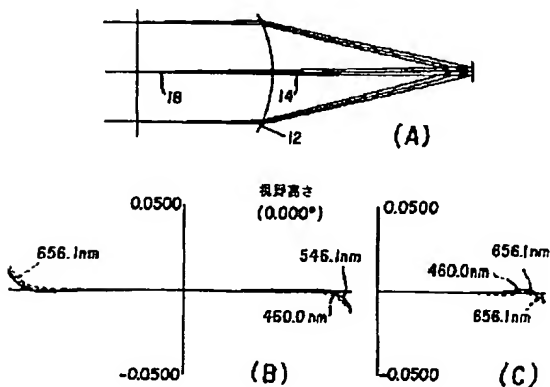
【図9】 光検出器のサブグループを形成する光検出器素子ユニットを備えて使用できる共通回路の別の実施形態における回路図である。

【図10】 視野をセグメントに分割する小型デジタルカメラの一部の動作を表す図である。

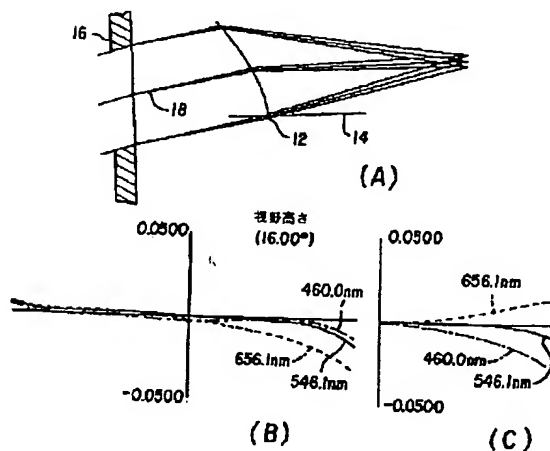
【符号の説明】

10 レンズレットアレイ、12 レンズレット、14 機械的光軸、15ライン、16 不透明マスク、18 局在光軸、20 ホトセンサアレイ、22 光検出器のサブグループ、24 光検出器素子、30 カレントミラー、30A-C カレントミラー、32₁-32_n トランジスタゲート、34 入力側トランジスタ、36 入力側トランジスタ、40 相関2回サンプリング回路、42 増幅器、44 増幅器、46 積算増幅器、48 サブイメージピクセルインバータ、50 データバス、56 A/D変換器、58 メモリ、60 行アドレスデコーダ、62 列アドレスデコーダ、64 感光検出器、65 トランスファゲート、66 リセットゲート、70 スペーサ、72 視野絞りアパーチャプレート、80 マルチプレクサおよびクロック回路、90 被写体(矢印)、92A 反転したイメージ、92B 反転したイメージ、92C 反転したイメージ、100 支持基板、110 出力装置。

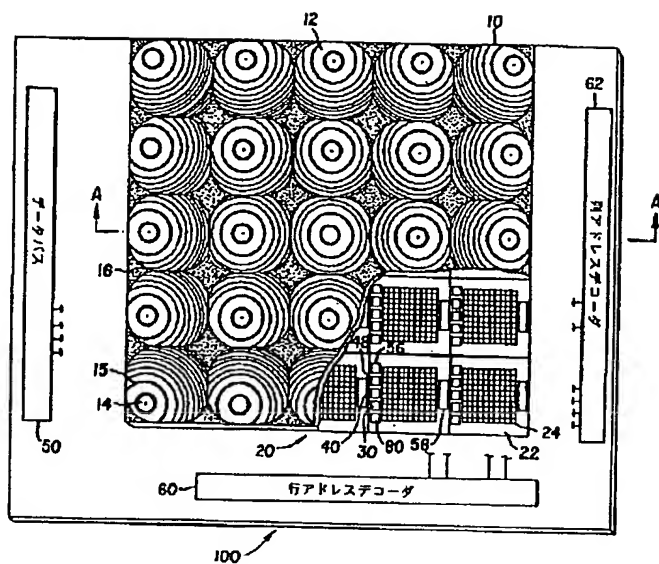
【図4】



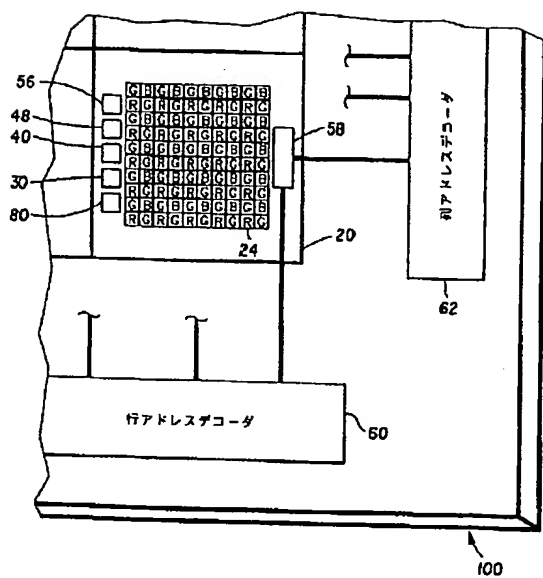
【図5】



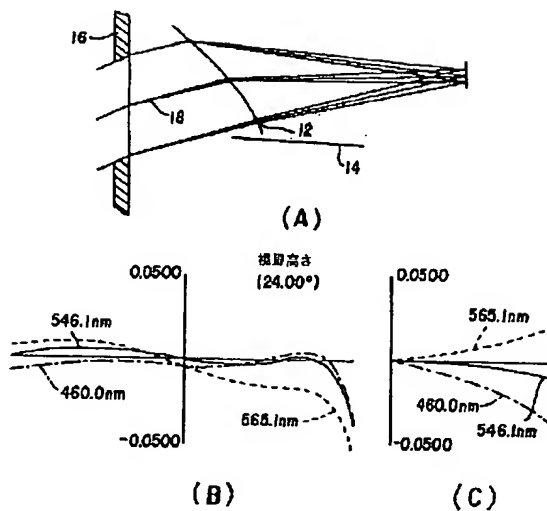
【图 1】



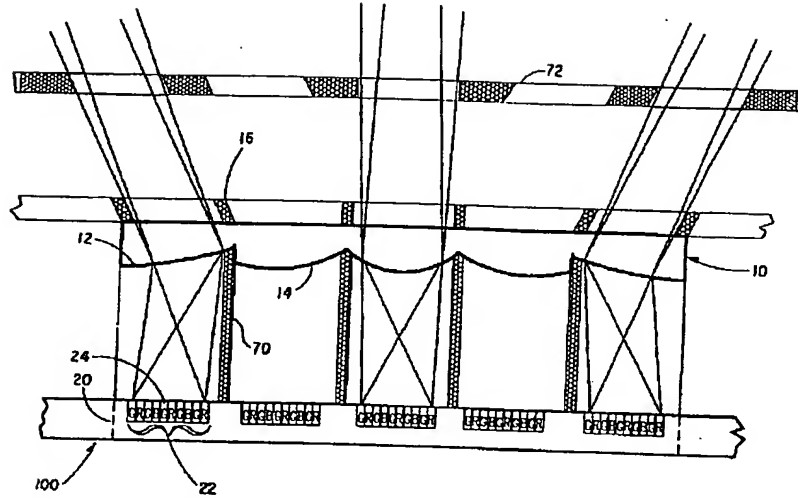
【圖 2】



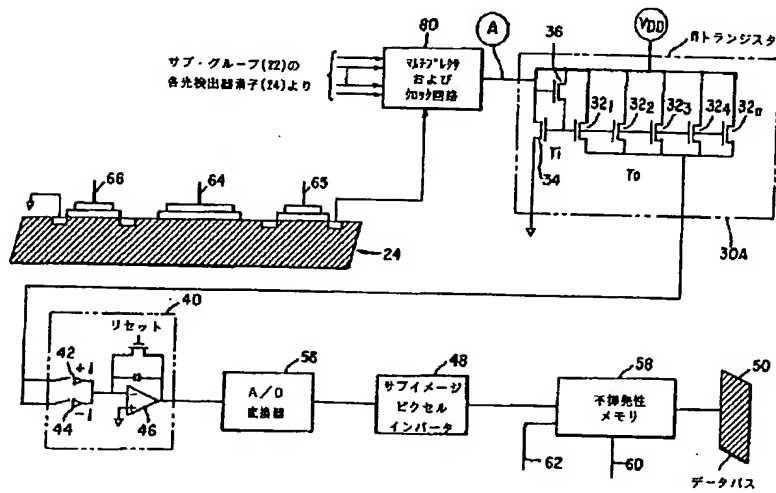
【図 6】



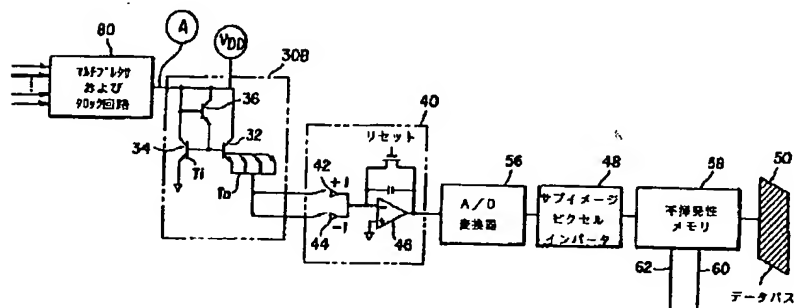
【図3】



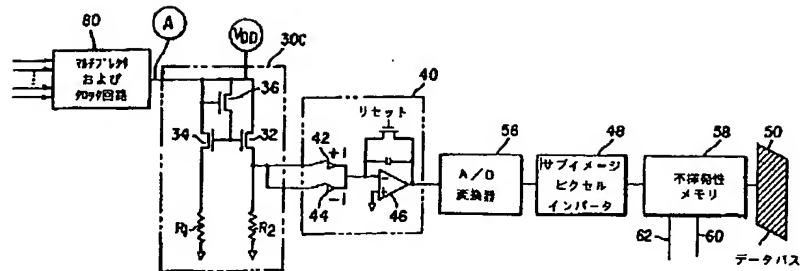
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

